

(12) NACH DEM VERTRÄG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
14. November 2002 (14.11.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 02/090957 A2

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>2</sup>: G01N 27/00 (72) Erfinder; und  
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): HEIMANN, Detlef  
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE02/01583 (DE/DE); Untere Bergstr. 2, 70839 Gerlingen (DE);  
(22) Internationales Anmelde datum: 2. Mai 2002 (02.05.2002) RENZ, Hans-Joerg (DE/DE); Uhbergstrasse 5, 70771  
(25) Einreichungssprache: Deutsch Leinfelden-Echterdingen (DE); EISELE, Ulrich (DE/DE); Boeckelerstrasse 6B, 70199 Stuttgart (DE); DIEHL,  
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch Lothar (DE/DE); Grubenaechter 141, 70499 Stuttgart (DE); MOSER, Thomas (DE/DE); Herrenwiesenweg  
(30) Angaben zur Priorität: 101 21 889.3 5. Mai 2001 (05.05.2001) DE (71) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.  
101 21 889.3 5. Mai 2001 (05.05.2001) DE (81) Bestimmungsstaaten (international): JP, US.

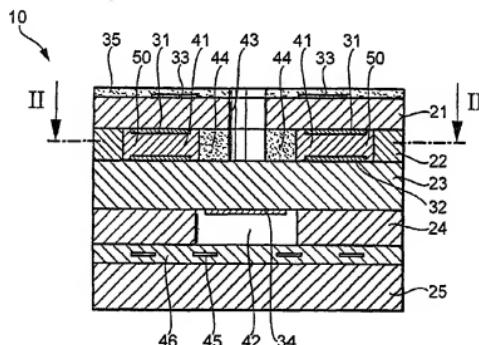
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02  
20, 70442 Stuttgart (DE).

Veröffentlicht:  
— ohne internationales Recherchenbericht und erneut zu  
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: SENSOR ELEMENT

(54) Bezeichnung: SENSORELEMENT



(57) Abstract: The invention relates to a sensor element (10) for determining a gas component, particularly for determining the oxygen concentration in exhaust fumes in combustion engines, provided with a measuring gas chamber (41) with at least one electrode (31, 32) disposed therein and which is in contact with a gas situated outside the sensor element (10) via a gas inlet (43). A diffusion barrier (44) is provided between the gas inlet (43) and the electrode (31, 32). At least one distancing element (50, 51) is arranged at least partially in the measuring gas chamber (41), said distancing element having a higher proportion of pores than the diffusion barrier (44) or enabling the measuring gas to at least flow into the areas of the electrode (31, 32) which are not covered by the distancing element (50, 51).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 02/090957 A2



Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

---

**(57) Zusammenfassung:** Es wird ein Sensorelement (10) zur Bestimmung einer Gaskomponente, insbesondere zur Bestimmung der Sauerstoffkonzentration in Abgasen von Verbrennungsmotoren, vorgeschlagen, in das ein Messgasraum (41) eingebracht ist, in dem mindestens eine Elektrode (31, 32) vorgesehen ist und der über Gaszutritsöffnung (43) mit dem ausserhalb des Sensorelements (10) befindlichen Gas in Verbindung steht. Zwischen der Gaszutritsöffnung (43) und der Elektrode (31, 32) ist eine Diffusionsbarriere (44) vorgesehen. Im Messgasraum (41) ist zumindest bereichsweise mindestens ein Abstandselement (50, 51) angeordnet, das einen höheren Porenanteil aufweist als die Diffusionsbarriere (44) oder das einen Zutritt des Messgases zumindest zu den durch das Abstandselement (50, 51) nicht überdeckten Bereichen der Elektrode (31, 32) erlaubt.

10        Sensorelement

## Stand der Technik

15        Die Erfindung betrifft ein Sensorelement zur Bestimmung einer Gaskomponente, insbesondere zur Bestimmung der Sauerstoffkonzentration in Abgasen von Verbrennungsmotoren, nach dem Oberbegriff der unabhängigen Ansprüche.

20        Ein derartiges Sensorelement ist beispielsweise in der DE 198 38 456 A1 beschrieben. Das Sensorelement, das dem Fachmann unter der Bezeichnung Breitband-Lambda-Sonde bekannt ist, weist einen in das Sensorelement eingebrachten Meßgasraum auf, der über eine Gaszutrittsöffnung mit dem außerhalb des Sensorelementes befindlichen Abgas in Verbindung steht und in dem einander gegenüberliegend eine erste und eine zweite Elektrode angeordnet sind. Zwischen den Elektroden und der Gaszutrittsöffnung ist eine Diffusionsbarriere vorgesehen, die ein poröses Material aufweist. Der Bereich zwischen den beiden Elektroden ist als Hohlraum ausgebildet.

25        Bei derartigen Sensorelementen ist nachteilig, daß der Hohlraum zwischen den beiden gegenüberliegenden Elektroden im Fertigungsprozeß zusammengedrückt werden kann, so daß der Zutritt des Gases zu den Elektroden verschlechtert oder ganz unterbunden wird. Außerdem können die erste und die zweite

Elektrode sich berühren, so daß ein Kurzschluß hervorgerufen und so die Sensorfunktion beeinträchtigt wird.

5 Aus der DE 43 42 005 A1 ist weiterhin ein Sensorelement bekannt, das einen in das Sensorelement eingebrachten Meßgasraum aufweist, der über eine Gaszutrittsöffnung mit dem außerhalb des Sensorelementes befindlichen Abgas in Verbindung steht und in dem eine Elektrode angeordnet ist. Der Meßgasraum ist vollständig, also auch im Bereich der 10 Elektrode, mit einer Diffusionsbarriere gefüllt, die aus einem porösen Material mit einer einheitlichen Porosität besteht.

15 Da bei einem derartigen Sensorelement der Meßgasraum im Bereich der Elektrode ausgefüllt ist, wird ein Zusammendrücken des Meßgasraums im Fertigungsprozeß vermieden. Bei diesen Sensorelementen ist aber nachteilig, daß durch die im Bereich der Elektroden angeordnete Diffusionsbarriere der Gasaustausch zwischen den der 20 Gaszutrittsöffnung zugewandten Bereichen und den der Gaszutrittsöffnung abgewandten Bereichen der Elektrode behindert wird, so daß die Elektrode ungleichmäßig belastet wird.

25 Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße Sensorelement gemäß den unabhängigen Ansprüchen hat den Vorteil, daß ein Eindrücken des 30 Meßgasraums im Fertigungsprozeß durch mindestens ein Abstandselement im Meßgasraum vermieden wird und gleichzeitig ein ausreichender Gasaustausch zwischen verschiedenen Bereichen einer im Meßgasraum angeordneten Elektrode gewährleistet ist.

35 Hierzu wird der Meßgasraum zumindest bereichsweise mit einem porösen Material gefüllt, das einen höheren Porenanteil

aufweist als eine zwischen einer Gaszutrittsöffnung und dem Meßgasraum angeordnete Diffusionsbarriere. In einer alternativen Lösung kann bereichsweise in dem Meßgasraum mindestens ein Abstandselement angeordnet sein, das beispielsweise eine geschlossene oder gar keine Porosität aufweist und das einen Zutritt zu den von dem Abstandselement nicht überdeckten Bereichen der Elektrode erlaubt. Als weitere Alternative wird ein Abstandselement vorgeschlagen, das so ausgeführt ist, daß die Größe des Diffusionsstroms des Meßgases beziehungsweise einer Komponente des Meßgases von der Gaszutrittsöffnung zur Elektrode im wesentlichen durch die Diffusionsbarriere begrenzt wird.

Durch die in den abhängigen Ansprüchen genannten Maßnahmen sind vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen des in den unabhängigen Ansprüchen angegebenen Sensorelements möglich.

Wird die Porosität des Abstandselementes so gewählt, daß der Porenanteil des Abstandselement um mindestens 30 Prozent höher liegt als der Porenanteil der Diffusionsbarriere (Porenanteile jeweils in Volumenprozent), und/oder daß der Porenanteil des Abstandselementes bei 60 bis 80 Volumenprozent liegt, so ist ein ausreichender Gasaustausch im Meßgasraum besonders zuverlässig gewährleistet. Ein Kurzschluß zwischen zwei im Meßgasraum angeordneten Elektroden kann besonders wirkungsvoll verhindert werden, wenn zumindest näherungsweise der gesamte zwischen den beiden Elektroden liegende Bereich durch das Abstandselement ausgefüllt ist.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform sind im Meßgasraum mehrere stützpfilerartige Abstandselemente vorgesehen, die beispielsweise gleichmäßig verteilt auf der der Diffusionsbarriere abgewandten Seite des Meßgasraums

angeordnet sind. Vorzugsweise überdecken die Abstandselemente insgesamt höchstens 50 Prozent der Fläche der im Meßgasraum angeordneten Elektrode. Bei einer derartigen Anordnung der Abstandselemente ist sicher gewährleistet, daß der Gasaustausch im Meßgasraum durch die Abstandselemente nicht behindert wird.

5 Besonders vorteilhaft ist weiterhin, wenn das Abstandselement ein katalytisch aktives Material, 10 beispielsweise Platin, enthält, wodurch eine thermodynamische Gleichgewichtseinstellung der Gasbestandteile untereinander gewährleistet ist.

15 Sind im Meßgasraum zwei Elektroden vorgesehen, die beide mit dem Abstandselement in Verbindung stehen, so wird in einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung zur Vermeidung einer unerwünschten elektrischen Verbindung zwischen den beiden Elektroden für das Abstandselement ein bezüglich Elektronenleitung isolierendes Material gewählt. 20 Enthält das Abstandselement ein elektronenleitendes Material, wie zum Beispiel katalytisch aktives Platin, so ist zur Vermeidung eines Kurzschlusses das elektronenleitende Material von mindestens einer der Elektroden durch ein elektrisch isolierendes Material zu 25 isolieren.

30 In einem erfundungsgemäßen Verfahren zur Herstellung des Abstandselementes wird das Abstandselement im ungesinterten Zustand durch eine Paste gebildet. Die Paste wird beispielsweise in Siebdrucktechnik auf eine Grünfolie, also eine Festelektrolytschicht im ungesinterten Zustand, aufgebracht und, gegebenenfalls nach einem Laminierprozeß, gesintert. Die Paste enthält ein keramisches Pulver und einen Porenbildner, wobei der mittlere Radius der Teilchen des keramischen Pulvers und des Porenbildners sich um nicht mehr als 20 Prozent unterscheiden und der Volumenanteil des 35

keramischen Pulvers und des Porenbildners in der Paste  
ungefähr gleich sind. Hierdurch wird eine optimale  
Raumerfüllung und eine gegenseitige Stützung der Teilchen  
des keramischen Pulvers erreicht, wodurch ein  
5 Abstandselement mit einer hohen Porosität hergestellt werden  
kann. Für den Porenbildner haben sich Glaskohle, Theobromin,  
Flammruss und/oder andere Kohlenstoffverbindungen mit einem  
mittleren Durchmesser der Teilchen im Bereich von 2 bis 30  
μm als geeignet erwiesen.

10

#### Zeichnung

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung  
dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung erläutert.  
15 Es zeigen Figur 1 als erstes Ausführungsbeispiel ein  
erfindungsgemäßes Sensorelement in einer Schnittdarstellung,  
Figur 2 einen der Schnittlinie II - II in der Figur 1  
entsprechenden Schnitt des ersten Ausführungsbeispiels,  
Figur 3 als zweites Ausführungsbeispiel das erfindungsgemäß  
20 Sensorelement in einer Schnittdarstellung und Figur 4 einen  
der Schnittlinie IV - IV in der Figur 3 entsprechenden  
Schnitt des zweiten Ausführungsbeispiels.

25

#### Beschreibung der Ausführungsbeispiele

25

Figur 1 und Figur 2 zeigen als erstes Ausführungsbeispiel  
der Erfindung ein Sensorelement 10, das dem Nachweis einer  
Gaskomponente, beispielsweise Sauerstoff im Abgas eines  
Verbrennungsmotors, dient. Das Sensorelement 10 ist als  
30 Schichtsystem mit einer ersten, zweiten, dritten, vierten  
und fünften Festelektrolytschicht 21, 22, 23, 24, 25  
aufgebaut. In die erste und zweite Festelektrolytschicht 21,  
22 ist eine Gaszutrittsöffnung 43 eingebracht. In der  
zweiten Festelektrolytschicht ist ein Meßgasraum 41 sowie  
35 zwischen dem Meßgasraum 41 und der Gaszutrittsöffnung 43  
eine Diffusionsbarriere 44 vorgesehen. Das Abgas kann durch

die Gaszutrittsöffnung 43 und die Diffusionsbarriere 44 in den Meßgasraum 41 gelangen. Der Meßgasraum 41 ist durch die dritte Festelektrolytschicht 23 von einem Referenzgasraum 42 getrennt, der in die vierte Festelektrolytschicht 24  
5 eingebbracht ist, ein Referenzgas enthält und beispielsweise mit einer außerhalb des Sensorelements 10 gelegenen Referenzatmosphäre in Verbindung steht. Zwischen der vierten und der fünften Festelektrolytschicht 24, 25 ist ein Heizer 45 vorgesehen, der von den umgebenden  
10 Festelektrolytschichten 24, 25 durch eine Heizerisolation 46 elektrisch isoliert ist.

Im Meßgasraum 41 ist auf der ersten Festelektrolytschicht 21 eine erste Elektrode 31 aufgebracht, die mit einer dritten, 15 auf eine Außenfläche des Sensorelements 10 aufgebrachten Elektrode 33 sowie dem zwischen erster und dritter Elektrode 31, 33 liegenden Bereich der ersten Festelektrolytschicht 21 eine Pumpzelle bildet. Die dritte Elektrode 33 ist mit einer porösen Schutzschicht 35 überzogen. Auf der der ersten  
20 Elektrode 31 gegenüberliegenden Seite ist im Meßgasraum 41 eine zweite Elektrode 32 auf der dritten Festelektrolytschicht 23 aufgebracht, die mit einer im Referenzgasraum 42 angeordneten vierten Elektrode 34 sowie dem zwischen zweiter und vierter Elektrode 32, 34 liegenden  
25 Bereich der dritten Festelektrolytschicht 23 eine Nernstzelle bildet.

Um zu vermeiden, daß der Meßgasraum 41 bei der Fertigung des Sensorelements 10 zusammengedrückt wird und dadurch die  
30 erste und die zweite Elektrode 31, 32 kurzgeschlossen werden oder sich die dem Meßgas zugängliche Fläche der ersten und/oder zweiten Elektrode 31, 32 verringert, wird der Meßgasraum 41 mit einem porösen Material ausgefüllt, das als  
35 Abstandselement 50 dient. Das Abstandselement 50 weist einen Porenanteil von 60 bis 85 Volumenprozent, vorzugsweise 70 Volumenprozent auf. Der Porenanteil der Diffusionsbarriere

44 ist dagegen niedriger als der Porenanteil des Abstandselement 50 und liegt bei 20 bis 80 Volumenprozent, vorzugsweise 50 Volumenprozent.

5 Das Sensorelement 10 wird in an sich bekannter Weise gefertigt, indem auf die verschiedenen Grünfolien, also die Festelektrolytschichten im ungesinterten Zustand, beispielsweise durch Siebdruck die verschiedenen Funktionsschichten, wie beispielsweise Elektroden 31, 32, 10 33, 34, Schutzschicht 35, Diffusionsbarriere 44 und Abstandselement 50, in Form von Pasten aufgebracht werden. Danach werden die bedruckten Grünfolien zusammenlaminiert und gesintert. Die Pasten können sogenannte Porenbildner, wie beispielsweise Glaskohle, Theobromin, Flammruß und/oder 15 andere Kohlenstoffverbindungen, enthalten. Die Porenbildner verbrennen beim Sintern und lassen einen Hohlraum zurück.

Für das Abstandselement 50 wird eine Paste verwendet, die ein keramisches Pulver und einem pulverförmigen Porenbildner 20 mit ungefähr gleichen Volumenanteilen enthält. Der mittlere Durchmesser der Teilchen des keramischen Pulvers und des Porenbildners in der Paste sind ebenfalls ungefähr gleich und liegen im Bereich von 2 bis 30  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise bei 10  $\mu\text{m}$ .

25 In Figur 3 und Figur 4 ist ein zweites Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt, das sich vom ersten Ausführungsbeispiel dadurch unterscheidet, daß im Meßgasraum 41 acht stützpfilerartige Abstandselemente 51 vorgesehen sind, die nur einen Teilbereich des Meßgasraums 41 ausfüllen und die nicht notwendig porös ausgeführt sind. Die 30 Abstandselemente 51 sind auf der der Diffusionsbarriere 44 abgewandten Seite des Meßgasraums 41 in gleichmäßigen Abständen angeordnet und weisen einen rechteckigen Querschnitt auf. Die Abstandselemente 51 überdecken nur 35 ungefähr 20 Prozent der Fläche der ersten und zweiten

Elektrode 31, 32, so daß ein ausreichender Zutritt des Meßgases zu der ersten und zweiten Elektrode 31, 32 gewährleistet ist.

5 Das Abstandselement 50, 51 des ersten und zweiten Ausführungsbeispiels besteht vorzugsweise aus einem nicht elektronenleitenden Material wie beispielsweise  $\text{Al}_2\text{O}_3$  oder  $\text{ZrO}_2$ . Für spezielle Anwendungen kann es erforderlich sein, daß das Abstandselement 50, 51 auch nicht ionenleitend ist  
10 ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ).

In einer alternativen Ausführungsform des ersten und zweiten Ausführungsbeispiels weist das Abstandselement 50, 51 eine katalytisch aktive Substanz, vorzugsweise Platin auf.

15 Hierbei ist zu vermeiden, daß durch die katalytisch aktive Substanz die erste und die zweite Elektrode 31, 32 elektrisch verbunden werden. Hierzu kann beispielsweise eine Isolationsschicht zwischen dem Abstandselement 50, 51 und der ersten und zweiten Elektrode 31, 32 vorgesehen sein,  
20 oder das katalytisch aktive Material ist im Abstandselement beabstandet von der ersten und/oder zweiten Elektrode 31, 32 angeordnet.

10        **Ansprüche**

1. Sensorelement zur Bestimmung einer Gaskomponente, insbesondere zur Bestimmung der Sauerstoffkonzentration  
15        in Abgasen von Verbrennungsmotoren, mit einem in das Sensorelement (10) eingebrachten Meßgasraum (41), in dem mindestens eine Elektrode (31, 32) vorgesehen ist und der über eine Gaszutrittsöffnung (43) mit dem außerhalb des Sensorelements (10) befindlichen Gas in Verbindung steht, wobei zwischen der Gaszutrittsöffnung (43) und der Elektrode (31, 32) eine Diffusionsbarriere (44) vorgesehen ist, dadurch gekennzeichnet, daß im Meßgasraum (41) zumindest bereichsweise mindestens ein Abstandselement (50) vorgesehen ist, das einen höheren Porenanteil aufweist als die Diffusionsbarriere (44).
2. Sensorelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Abstandselement (50) zumindest näherungsweise den gesamten Bereich zwischen einer ersten und einer zweiten  
20        Elektrode (31, 32) ausfüllt.
3. Sensorelement nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Abstandselement (50) einen Porenanteil in Volumenprozent aufweist, der mindestens 30  
25        Prozent höher liegt als der Porenanteil in Volumenprozent

der Diffusionsbarriere (44).

4. Sensorelement nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Abstandselement (50) einen Porenanteil von 60 bis 85, vorzugsweise 70 Volumenprozent aufweist.
5. Sensorelement zur Bestimmung einer Gaskomponente, insbesondere zur Bestimmung der Sauerstoffkonzentration in Abgasen von Verbrennungsmotoren, mit einem in das Sensorelement (10) eingebrachten Meßgasraum (41), in dem mindestens eine Elektrode (31, 32) vorgesehen ist und der über eine Gaszutrittsöffnung (43) mit dem außerhalb des Sensorelements (10) befindlichen Gas in Verbindung steht, wobei zwischen der Gaszutrittsöffnung (43) und der Elektrode (31, 32) eine Diffusionsbarriere (44) vorgesehen ist, dadurch gekennzeichnet, daß im Meßgasraum (41) bereichsweise mindestens ein Abstandselement (51) vorgesehen ist, das einen Zutritt des Meßgases zumindest zu den durch das Abstandselement (51) nicht überdeckten Bereichen der Elektrode (31, 32) erlaubt.
6. Sensorelement nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Abstandselement oder die Abstandselemente (51) höchstens 50 Prozent, vorzugsweise 0 bis 30 Prozent der Fläche der Elektrode (31, 32) überdeckt/überdecken.
7. Sensorelement nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Abstandselement (51) eine geschlossene Porosität oder keine Porosität aufweist.
8. Sensorelement nach mindestens einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Abstandselement (51) einen rechteckigen, dreieckigen oder kreissegmentartigen Querschnitt aufweist.

9. Sensorelement nach mindestens einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Abstandselement oder die Abstandselemente (51) stützpfilerartig im Meßgasraum (41) angeordnet ist/sind, daß die Abstandselemente (51) vorzugsweise auf der der Diffusionsbarriere (44) abgewandten Seite des Meßgasraums (41) angeordnet sind, daß die Abstandselemente (51) gleichmäßig im Meßgasraum (41) angeordnet sind und/oder daß 4 bis 12, vorzugsweise 8 stützpfilerartige Abstandselemente (51) vorgesehen sind.
10. Sensorelement zur Bestimmung einer Gaskomponente, insbesondere zur Bestimmung der Sauerstoffkonzentration in Abgasen von Verbrennungsmotoren, mit einem in das Sensorelement (10) eingebrachten Meßgasraum (41), in dem mindestens eine Elektrode (31, 32) vorgesehen ist und der über eine Gaszutrittsöffnung (43) mit dem außerhalb des Sensorelements (10) befindlichen Gas in Verbindung steht, wobei zwischen der Gaszutrittsöffnung (43) und der Elektrode (31, 32) beabstandet von der Elektrode (31, 32) eine Diffusionsbarriere (44) vorgesehen ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Größe des Diffusionsstroms des Meßgases beziehungsweise einer Komponente des Meßgases von der Gaszutrittsöffnung (43) zur Elektrode (31, 32) im wesentlichen durch die Diffusionsbarriere (44) begrenzt wird.
11. Sensorelement nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß im Meßgasraum (41) eine zweite Elektrode (32) vorgesehen ist, die auf einer einer ersten Elektrode (31) gegenüberliegenden Seiten des Meßgasraumes (41) angeordnet ist.
12. Sensorelement nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Abstandselement (50, 51) ein bezüglich Elektronenleitung

isolierendes Material aufweist.

13. Sensorelement nach mindestens einem der vorhergehenden  
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das

5 Abstandselement (50, 51)  $\text{Al}_2\text{O}_3$  und/oder  $\text{ZrO}_2$  aufweist.

14. Sensorelement nach mindestens einem der vorhergehenden  
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das

10 Abstandselement (50, 51) ein katalytisch aktives Material  
enthält.

15. Sensorelement nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet,  
daß das katalytisch aktive Material elektronenleitend ist  
und beispielsweise Platin aufweist, und daß das

15 katalytisch aktive Material im oder am Abstandselement  
(50, 51) beabstandet von der ersten und/oder der zweiten  
Elektrode (31, 32) angeordnet ist.

16. Verfahren zur Fertigung eines Sensorelements nach  
Anspruch 1, 5 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß das

20 Abstandselement (50, 51) durch eine Paste gebildet wird,  
die vor einem Sinterprozeß einen Porenbildner und ein  
keramisches Material enthält, wobei der mittlere Radius  
der Teilchen des keramischen Pulvers und des  
25 Porenbildners sich um nicht mehr als 20 Prozent  
unterscheiden.

17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß  
der Volumenanteil des keramischen Materials in der Paste  
30 im ungesinterten Zustand 20 bis 40 Volumenprozent,  
vorzugsweise 30 Volumenprozent, beträgt.

18. Verfahren nach Anspruch 16 oder 17, dadurch  
gekennzeichnet, daß der Porenbildner Glaskohle,  
35 Theobromin, Flammruf und/oder andere

Kohlenstoffverbindungen enthält.

19. Verfahren nach Anspruch 16 bis 18, dadurch  
gekennzeichnet, daß der Volumenanteil des keramischen  
5 Materials und der Volumenanteil des Porenbildners in der  
Paste im ungesinterten Zustand sich um nicht mehr als 20  
Prozent unterscheiden.

10 20. Verfahren nach Anspruch 16 bis 19, dadurch  
gekennzeichnet, daß der mittlere Durchmesser der Teilchen  
des keramischen Pulvers und/oder des Porenbildners im  
Bereich von 2 bis 30  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise bei 10  $\mu\text{m}$ , liegt.

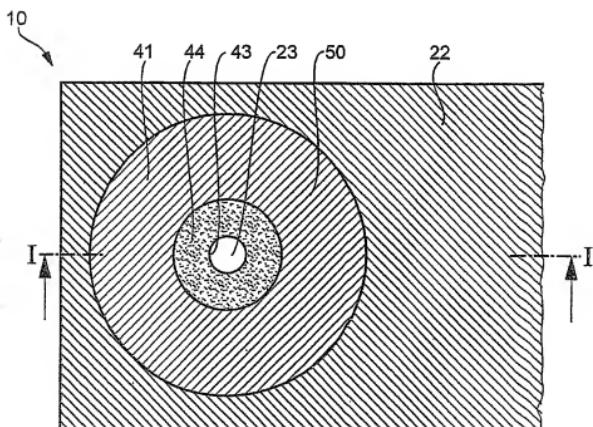
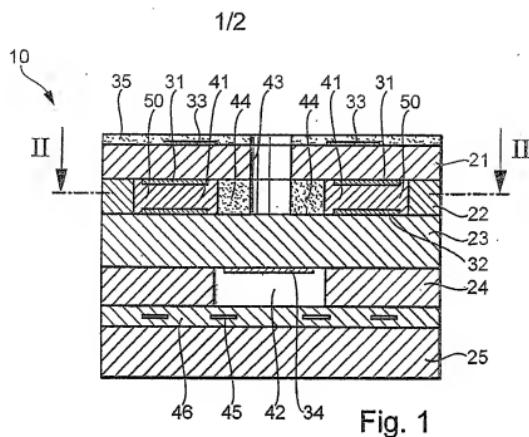


Fig. 2

2/2

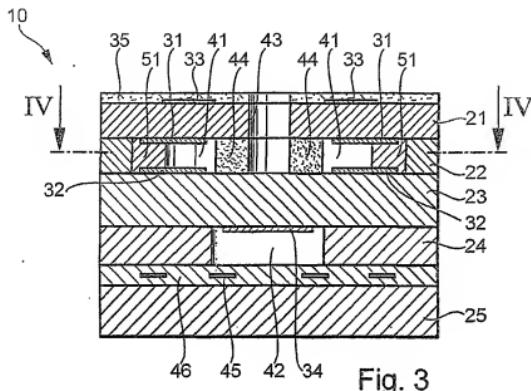


Fig. 3

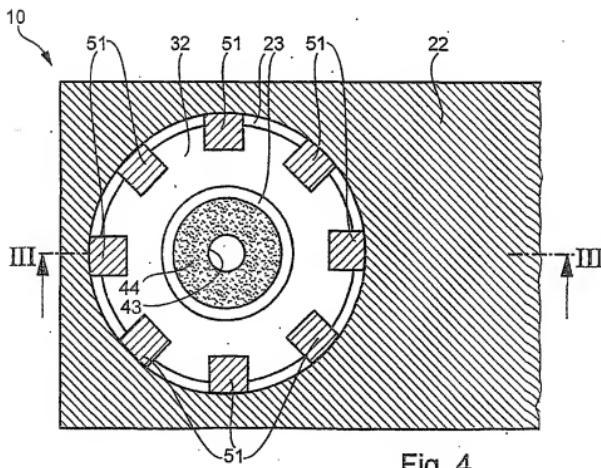


Fig. 4